

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11 - 103287

(43) 公開日 平成11年(1999)4月13日

(51) Int. Cl. ⁶ 識別記号

H04J 14/00
14/02
H04B 10/02
10/18
10/14

F I

H04B 9/00

E
M
S

審査請求 未請求 請求項の数 25

O L

(全16頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-6257

(22) 出願日 平成10年(1998)1月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-207892

(32) 優先日 平9(1997)8月1日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 原沢 伸一朗

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大菅 義之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光伝送システム及び送信端局

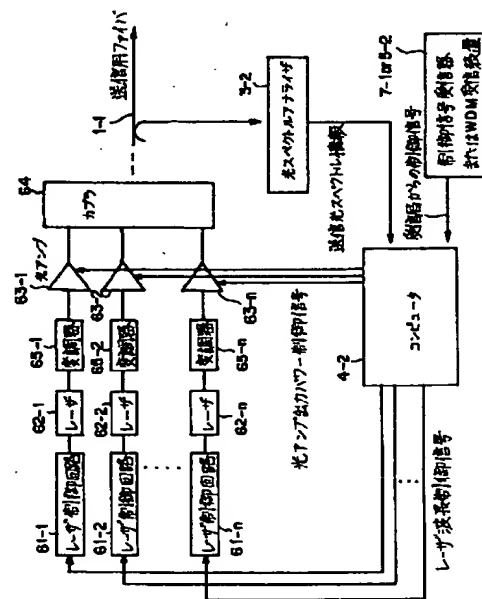
(57) 【要約】

【課題】 受信側でのOSNRの向上のために、プリエンファシス制御を行う必要があると共に、プリエンファシス制御を自動制御する必要がある。更に、波長多重を行う場合波長も制御する必要がある。

【解決手段】 送信端局と受信端局にて信号光の光スペクトルを検出し、送信側スペクトル検出結果と受信側スペクトル検出結果を比較し送信信号光のレベル及び波長を制御する。

WDM信号送信装置と周辺装置との

構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の信号光を伝送路に伝送する送信端局と、該伝送路からの信号光を受信する受信端局と、からなる光伝送システムにおいて、

該受信端局は信号光のスペクトルを検出する受信側スペクトル検出手段と、該受信スペクトル検出手段の検出結果を送信端局に伝送する手段とを有し、

該送信端局は信号光のスペクトルを検出する送信側スペクトル検出手段と、該受信端局からのスペクトル情報を検出する受信側スペクトル情報検出手段と、該送信側スペクトル検出手段と該受信側スペクトル情報検出手段からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベルと波長を制御するプリエンファシス制御手段を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】送信局からの波長多重された複数の信号光を受信する受信端局よりプリエンファシス情報を送信端局に伝送する光伝送システムの送信端局において、送信信号光のスペクトルを検出する送信側スペクトル検出手段と、

該受信端局からのスペクトル情報を検出する受信側スペクトル情報検出手段と、

該送信側スペクトル検出手段と該受信側スペクトル情報検出手段からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベルと波長を制御するプリエンファシス制御手段を有することを特徴とする送信端局。

【請求項3】請求項1において送信信号のレベル制御と波長制御を交互に繰り返し行うことを特徴とする光伝送システム。

【請求項4】請求項2において送信信号のレベル制御と波長制御を交互に繰り返し行うことを特徴とする送信端局。

【請求項5】請求項1において受信端局の該受信側スペクトル検出手段と該受信スペクトル検出手段の検出結果を送信端局に伝送する手段に障害が発生した場合、該送信端局の該送信側スペクトル検出手段と、該プリエンファシス制御手段のみより送信信号のレベル制御と波長制御を行うことを特徴とする光伝送システム。

【請求項6】請求項2において受信端局の該受信側スペクトル検出手段と該受信スペクトル検出手段の検出結果を送信端局に伝送する手段に障害が発生した場合、該送信端局の該送信側スペクトル検出手段と、該プリエンファシス制御手段のみより送信信号のレベル制御と波長制御を行うことを特徴とする送信端局。

【請求項7】第1の端局と第2の端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおいて、第1の端局は、自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定する第1の光スペクトル解析手段と、波長ずれが起きている場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整する波長調整手段と、第2の端局から、第

1の端局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、第1の端局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルにプリエンファシスを行うプリエンファシス手段とを備え、

第2の端局は、第1の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定する第2の光スペクトル解析手段と、該第1の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を第1の端局に送信する送信手段とを備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項8】前記波長制御手段は、前記第1の光スペクトル解析手段の測定値に基づいて、光信号の光源の温度を制御することによって当該光信号の波長の制御を行うことを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項9】前記波長制御手段は、前記第1の光スペクトル解析手段の測定値に基づいて、光信号の光源に印加する駆動電流を制御することによって当該光信号の波長の制御を行うことを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項10】前記プリエンファシス手段は、各波長の光信号を増幅するために設けられる光増幅器の利得を制御することによってプリエンファシスを行うことを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項11】前記プリエンファシス手段は、各波長の光信号の出力レベルを調整する可変型光アッテネータの減衰量を調整することによってプリエンファシスを行うことを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項12】前記送信手段は、第1の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を光信号のオーバーヘッドに格納して第1の端局に送信することを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項13】前記送信手段は、第1の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を光信号に重畳して第1の端局に送信することを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項14】前記送信手段は、第1の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の光信号とは異なる波長の光信号として、他の光信号に多重して第1の端局に送信することを特徴とする請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項15】端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおいて、端局は、

自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定する第1の光スペクトル解析手段と、

波長ずれが起きている場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整する波長調整手段と、他の端局から、

自局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、自局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルにプリエンファシスを行うプリエンファシス手段と、

他の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定する第2の光スペクトル解析手段と、

該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の端局に送信する送信手段とを備えることを特徴とする端局。

【請求項16】前記波長制御手段は、前記第1の光スペクトル解析手段の測定値に基づいて、光信号の光源の温度を制御することによって当該光信号の波長の制御を行うことを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項17】前記波長制御手段は、前記第1の光スペクトル解析手段の測定値に基づいて、光信号の光源に印加する駆動電流を制御することによって当該光信号の波長の制御を行うことを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項18】前記プリエンファシス手段は、各波長の光信号を増幅するために設けられる光増幅器の利得を制御することによってプリエンファシスを行うことを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項19】前記プリエンファシス手段は、各波長の光信号の出力レベルを調整する可変型光アッテネータの減衰量を調整することによってプリエンファシスを行うことを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項20】前記送信手段は、該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を光信号のオーバーヘッドに格納して該他の端局に送信することを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項21】前記送信手段は、該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を光信号に重畳して該他の端局に送信することを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項22】前記送信手段は、該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の光信号とは異なる波長の光信号として、他の光信号に多重して該他の端局に送信することを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項23】前記第1の光スペクトル解析手段と前記第2の光スペクトル解析手段は、1つの光スペクトルアナライザで構成されており、該光スペクトルアナライザへの入力光は光スイッチによって切り換えられることを特徴とする請求項15に記載の端局。

【請求項24】送信局からの波長多重された複数の信号光を受信する受信端局よりプリエンファシス情報を送信端局に伝送する光伝送システムの送信端局における制御

方法であって、

送信信号光のスペクトルを検出するステップと、
該受信端局からのスペクトル情報を検出するステップと、

該送信信号光のスペクトル検出結果と該受信端局からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベルと波長を制御するステップとを有することを特徴とする制御方法。

【請求項25】端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおける各光信号の波長とパワーレベルを制御する方法であって、

(a) 自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定するステップと、

(b) 他の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定するステップと、

(c) ステップ(a)の結果から波長ずれが起きていると判断される場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整するステップと、

(d) 該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の端局に送信するステップと

(e) 他の端局から、自局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、自局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルにプリエンファシスを行うステップと、を備えることを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】光波長多重通信を行う場合において、受信側で伝送された各光信号を最適な状態で受信できるように、送信する各信号光の波長制御とレベルを制御する必要がある。

【0002】さらに、近年端局装置間の伝送路に光増幅器を有する中継器を設けることで、中継距離を増加させる技術が実現化されている。本発明はこのような光増幅器の中継器を有する通信システム構成の端局における波長制御とレベル制御に関する。

【0003】

【従来の技術】光増幅器を多段接続して波長多重(WDM)伝送を行った場合のプリエンファシスと伝送後のOSNR(Optical Signal-Noise-Ratio)を図1に示す。

【0004】図中 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ は信号光の波長を示し、 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の信号光の高さは光の強度を示している。伝送路1には中継器としての光増幅器2-1~2-nが示されている。

【0005】図1(A)は伝送路1中に含まれる光増幅器2-1~2-nと伝送路の損失を合わせた伝送路1の利得特性と各信号光間に信号光と雑音光とその電力比

(OSNR)を示している。

【0006】送信側で $\lambda 1 \sim \lambda 8$ の信号光を同じレベルで送信した場合は伝送路1の利得特性により、各信号光間にレベルの差が生じる。そこで、図1(B)に示すように伝送路における光増幅器の利得特性を抑えるため、送信側で各信号光のレベルに強弱をつけ、受信時のOSNRのバラツキを抑えている。

【0007】通常この技術はプリエンファシスと呼ばれ広く使用されている。図1(B)で示したプリエンファシスは、システムの初期において調整して固定化している。

【0008】ところが、システム運用中には故障修理による伝送路1のケーブルの挿入、中継器の割入れ、伝送路1の光ファイバの経時劣化等の伝送路1の損失の変動により光増幅器2-1~2-nに入力する光のレベルが変動し伝送路1全体の利得の変化が起こるとともに、光増幅器2-1~2-nの経時劣化によっても利得が変動する。

【0009】この結果伝送路1全体の利得特性が変化することになり、固定的なプリエンファシスではOSNRのバラツキを抑えられなくなる。図2に経時変化による信号光のスペクトルの概念図を示し、図3に実験した結果を示す。

【0010】図2と図3の(a)は初期時、(b)一定時間経過した後を示し、(c)は(b)よりさらに一定時間経過した状態を示している。図2及び図3に示すように各信号光のOSNRバラツキは、初期調整時に比べ増加する。

【0011】特に、この問題は長距離伝送を行う海底ケーブルシステムにおいては深刻な問題である。また、このような問題を解決する手段として、特開平8-321824には受信側のスペクトルを基に送信側でプリエンファシスを変化させる技術が示されている。

【0012】具体的には、受信端局で各信号光の波長のスペクトルの測定を行い、測定結果を信号光に重畳するかSDH等のヘッダの空き領域に乗せて下り回線を利用して送信端局に伝送し、送信端局にてプリエンファシス量を調整する技術が示されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】受信側でのOSNRの向上のために、プリエンファシス制御を行う必要があるが、固定的なプリエンファシス制御を行うと伝送路の割入れや経時劣化による損失の変化による伝送路の利得変化への対応ができない。

【0014】これを防止するため、受信端局から送られてくるスペクトル情報に基づき送信端局でのプリエンファシスを自動制御する技術があるが、この技術はプリエンファシスのみに着目して構成されているだけである。

【0015】送信端局からの波長多重された信号光はOSNRのためにプリエンファシスを調整することは必要

であるが、送信端局の各波長の信号光はレーザより出力されるため温度と駆動電流値により波長及び出力パワーが変化する。

【0016】特に、波長の多重化の高密度化(多重数が増加)が進み各信号光の波長管理を厳密にする必要性が生じる場合に単に、受信端局からの情報だけでプリエンファシス制御を行うだけでは、波長変動およびレベル変動が生じてしまい問題になる。

【0017】本発明の課題は、波長多重システムにおいて、各信号波長の制御と各波長の信号のパワーレベルの制御を自動的に行うことができるシステムを提供する。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝送システムは、複数の信号光を伝送路に伝送する送信端局と、該伝送路からの信号光を受信する受信端局と、からなる光伝送システムにおいて、該受信端局は信号光のスペクトルを検出する受信側スペクトル検出手段と、該受信スペクトル検出手段の検出結果を送信端局に伝送する手段とを有し、該送信端局は信号光のスペクトルを検出する送信側スペクトル検出手段と、該受信端局からのスペクトル情報を検出する受信側スペクトル情報検出手段と、該送信側スペクトル検出手段と該受信側スペクトル情報検出手段からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベルと波長を制御するプリエンファシス制御手段を有することを特徴とする。

【0019】本発明の送信端局は、送信端局からの波長多重された複数の信号光を受信する受信端局よりプリエンファシス情報を送信端局に伝送する光伝送システムの送信端局において、送信信号光のスペクトルを検出する送信側スペクトル検出手段と、該受信端局からのスペクトル情報を検出する受信側スペクトル情報検出手段と、該送信側スペクトル検出手段と該受信側スペクトル情報検出手段からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベル及び波長を制御するプリエンファシス制御手段を送信端局に設ける。

【0020】送信端局で測定したスペクトルと、受信端局で測定したスペクトルの比較によりプリエンファシス制御を行うと共に、測定したスペクトル情報に基づき波長制御も可能にすることができる。

【0021】本発明の他の側面における光伝送システムは、第1の端局と第2の端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおいて、第1の端局は、自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定する第1の光スペクトル解析手段と、波長ずれが起きている場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整する波長調整手段と、第2の端局から、第1の端局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、第1の端局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレ

ベルにプリアンファシスを行うプリアンファシス手段とを備え、第2の端局は、第1の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定する第2の光スペクトル解析手段と、該第1の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を第1の端局に送信する送信手段とを備えることを特徴とする。

【0022】本発明の端局は、端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおいて、自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定する第1の光スペクトル解析手段と、波長ずれが起きている場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整する波長調整手段と、他の端局から、自局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、自局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルにプリアンファシスを行うプリアンファシス手段と、他の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定する第2の光スペクトル解析手段と、該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の端局に送信する送信手段とを備えることを特徴とする。

【0023】本発明の制御方法は、送信局からの波長多重された複数の信号光を受信する受信端局よりプリアンファシス情報を送信端局に伝送する光伝送システムの送信端局における制御方法であって、送信信号光のスペクトルを検出するステップと、該受信端局からのスペクトル情報を検出するステップと、該送信信号光のスペクトル検出結果と該受信端局からのスペクトル情報を比較し送信信号光のレベルと波長を制御するステップとを有することを特徴とする。

【0024】本発明の他の側面における制御方法は、端局の間で波長多重光信号を送受信する波長多重システムにおける各光信号の波長とパワーレベルを制御する方法であって、(a) 自局が送信する波長多重光信号の各チャネルの光信号の波長のずれ及び各波長の光信号のパワーレベルを測定するステップと、(b) 他の端局から送信されてくる波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルを少なくとも測定するステップと、(c) ステップ(a)の結果から波長ずれが起きていると判断される場合には当該チャネルの光信号の波長のずれを調整するステップと、(d) 該他の端局から送信されてきた波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルに関する情報を他の端局に送信するステップと(e) 他の端局から、自局から伝送した波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルが不適正である旨の通知を受けた場合に、自局から送信される波長多重光信号の各波長の光信号のパワーレベルにプリアンファシスを行うステップとを備えることを特徴とする。

【0025】このような本発明においては、波長分割多重システムにおいて避けることの出来ない、各波長の光信号の波長のずれとパワーレベルの双方の監視及び制御を自動的に行うことができ、波長分割多重光通信システムの実用に非常に有効である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。図4において、1-1、1-2はファイバ、1-3はケーブル、3-1は光スペクトルアナライザ、4-1はコンピュータ、5-1は制御信号送信器、6-2はWDM信号送信装置をそれぞれ示す。

【0027】ファイバ1-1は送信端局から受信端局への信号光の伝送を行っている。光スペクトルアナライザ3-1はファイバ1-1の受信光スペクトルを検出している。

【0028】コンピュータ4-1は光スペクトルアナライザ4-1の光スペクトルの値を演算処理し処理結果を基に光スペクトルの値に基づく情報を制御信号送信器5-1によりファイバ1-2を用いて送信端局に伝送する。

【0029】この場合の伝送手段は伝送信号のオーバーヘッドに書き込む方法、主信号に振幅変調をかける方法、専用の制御信号波長に情報を乗せ伝送する方法等で実施できる。

【0030】6-2は受信端局から送信端局への伝送信号光を送信するWDM信号送信装置を示している。図5は受信端局から送信端局への制御信号の構成を示している。

【0031】制御信号の送信端局名に対応するアドレス情報と制御信号情報とから構成されている。アドレス情報を付加しているのは送信端局と受信端局間に多数の局が接続されているような複雑なネットワークに対応できるようにするためである。

【0032】図6及び図7に送信端局の具体的な構成例を示す。図中図4と同一部材は同一番号を持って示し、6-1はWDM信号送信装置、3-2は光スペクトルアナライザ、4-2はコンピュータ、5-2は制御信号受信器、7-1はWDM信号受信装置をそれぞれ示す。

【0033】図7はファイバ1-2からの制御信号を制御信号受信器5-2にて受信を行うと共に、ファイバ1-1の信号光のスペクトルを光スペクトルアナライザ3-2により検出を行う。

【0034】コンピュータ4-2は制御信号受信器5-2で受信した受信端局側での信号光の光スペクトル情報と光スペクトルアナライザ3-2で検出した送信端局側の信号光の光スペクトル情報を比較し、プリアンファシスの再調整の有無の既設の基準に照らして判断し、波長制御とプリアンファシスを行うための送信信号光のレベルを制御する制御信号をそれぞれWDM信号送信装置6

ー1に入力を行い、WDM信号送信装置6-1よりファイバ1-1に出力される各信号光の光スペクトルの波長およびレベルの制御を行う。

【0035】図7は図6の制御信号受信器5-2に代わり、受信端局のWDM信号送信装置6-2から送られてくる伝送信号を受信するWDM信号受信装置7-1にて制御信号を受信する構成を示している。

【0036】本図の構成は制御信号がWDM信号送信装置6-2より送られる伝送信号のフレームのオーバーヘッド部分に書き込まれていく場合に、制御信号を取り出すのに有効な手段である。

【0037】図8は図6及び図7に示したWDM信号送信装置と周辺装置との構成を示している。図中61-1~61-nはレーザ制御回路、62-1~62-nはレーザ、63-1~63-nは光アンプ、65-1~65-nは変調器、64はカプラを示している。

【0038】図6及び図7と同一装置は同一番号にて示している。レーザ制御回路61-1~61-nによりレーザ62-1~62-nを発光制御する。

【0039】レーザ62-1~62-nの出力は変調器65-1~65-nにより伝送を行う信号を変調し光アンプ63-1~63-nに入力される。光アンプ63-1~63-nにて所定のレベルに増幅され光カプラ64にて各信号光を波長多重してファイバ1-1に出力される。

【0040】コンピュータ4-2でファイバ1-2からの制御信号を制御信号受信器5-2にて受信を行うと共に、ファイバ1-1の信号光のスペクトルを光スペクトルアナライザ3-2により検出を行う。

【0041】制御信号受信器5-2で受信した受信端局側での信号光の光スペクトル情報と光スペクトルアナライザ3-2で検出した送信端局側の信号光の光スペクトル情報を比較し、プリアンプの再調整の有無を既設の基準に照らして判断する。

【0042】さらに、判断結果に基づきプリアンプ制御を行うため光アンプ63-1~63-nのゲインを制御する信号を出力し、各光アンプのゲインを個々に調整し、受信端局での光スペクトルの各波長の光のOSNRの特性のバラツキを補正する。

【0043】この光アンプ63-1~63-nが光ファイバに希土類元素をドープした光ファイバ増幅器の場合は光ファイバ増幅器を励起するための励起光源の出力を制御し、半導体光増幅器の場合はバイアス電流を制御することにより光アンプ63-1~63-nのゲインを制御できる。

【0044】また、レーザ62-1~62-nの出力が十分大きい場合は光アンプの代わりに可変型の光アッテネータを設けレーザ62-1~62-nの光を減衰させることで、レベルの調整を行ってもよい。

【0045】光アンプ63-1~63-nはカプラ64

により合波され送信信号光としてファイバ1-1に出力される。さらに、コンピュータ4-2では62-1~62-nの波長を間隔を予め定められた間隔に制御するために、レーザ制御回路61-1~61-nに対して温度又は駆動電流またはその両方を制御するレーザ波長制御信号を出力する。

【0046】このレーザ波長制御信号によりレーザ制御回路61-1~61-nはレーザ62-1~62-nの温度又は駆動電流またはその両方を制御し予め定められた波長に各波長が移動する様に制御する。

【0047】この時、レーザ62-1~62-nの温度又は駆動電流またはその両方を制御することで、レーザ62-1~62-nの出力レベルが変化し、プリアンプの値も変動する。

【0048】そこで、コンピュータ4-2では図9のプリアンプ及び信号波長制御フローに示すように制御することで、受信側のOSNRバラツキを所定の範囲とし各波長が所定の波長の値になるまで、(a)~(d)の制御を繰り返し行うようにする。

【0049】また、図4の光スペクトルアナライザ3-1、コンピュータ4-1、制御信号送信器5-1の系に障害が生じた場合は、図6及び図7に示す光スペクトルアナライザ3-2とコンピュータ4-2の制御のみよりプリアンプ制御を行うことも可能になり、受信端局側のプリアンプ制御系が障害時もプリアンプ制御を可能とすることが出来る。

【0050】さらに、送信端局側で障害が発生した場合に、障害部を修理または交換することで生じるプリアンプの不具合に対応するため、送信端局側の光スペクトルアナライザ3-2の情報に基づいてコンピュータ4-2によりプリアンプ及び波長制御を行うことにより、受信端局側からの制御信号を待つことなくプリアンプ制御が可能となる。

【0051】図10に伝送システム全体としてのプリアンプ制御を行う場合の制御手順を示す。図10はA局が受信端局でB局が送信端局の場合を示している。

【0052】最初に、(a)に示すようにA局よりプリアンプ制御の開始を依頼する制御開始信号をB局に送信する。次に、(b)に示すように制御開始信号を受信したB局はプリアンプ制御の開始可能になった旨を通知するスタンバイ信号をA局に対して送信を行う。

【0053】次に、(c)に示すようにスタンバイ信号を受信したA局は伝送路より受信した信号光の光スペクトルを検出して、B局に対して制御信号を送信する。最後に(d)に示すように、A局からの制御信号に基づきB局でプリアンプ制御と波長制御を行い、送信した信号光の光スペクトルの各波長の間隔とプリアンプ制御がかかった出力が所定の値になったことを確認した後に、制御完了信号をA局に送信する。

【0054】図11は図10に示した制御開始信号、スタンバイ信号、制御信号、制御完了信号の送信方法を示している。(a)は伝送信号のオーバーヘッドに書き込む方法を示している。転送されるデータは、制御情報等を格納するオーバーヘッドと送信すべきデータを格納するペイロードからなっており、上記各信号はオーバーヘッドに書き込まれる。(b)は主信号に振幅変調を重畳する方法を示している。すなわち、主信号が制御信号によって強度変調を受けている様子が描かれている。(c)は専用の制御信号波長に情報を乗せ波長多重により伝送する方法を示している。すなわち、主信号である8波の光信号のほかにパワーレベルの低い制御信号が主信号とは異なる波長で多重されている様子が示されている。

【0055】(a)～(c)の方法により各種制御を送信することで送信端局と受信端局間の制御のやり取りを可能とする。図12は、制御信号等をオーバーヘッドに書き込む方法を使用した場合の端局の詳細な構成を示す図である。

【0056】同図では、図面の簡略化のために波長多重数が2の場合のみを示しているが、もっと多重数の多いシステムの場合には、送信部102、受信部103のマルチプレクサ80-1、80-2からカブラ88までの構成あるいは、カブラ93からデマルチプレクサ101-1、101-2までの構成を波長多重数に応じた数だけ設けるようにすればよい。

【0057】同図の端局は光信号を送信する送信部102と光信号を受信する受信部103とからなっている。送信部102及び受信部103のマルチプレクサ80-1、80-2及びデマルチプレクサ101-1、101-2の後段の信号処理部は図示が省略されている。

【0058】不図示の信号処理部から送信されてきた信号は、送信部102に輸入され、マルチプレクサ80-1、80-2でそれぞれのチャンネル毎に多重されて出力される。多重された電気信号はシリアル/パラレル変換部(S/P)81-1、81-2でシリアル信号からパラレル信号に変換される。次に、このパラレル信号は、FEC(フォワード・エラー・コレクション)部82-1、82-2に輸入される。FEC部82-1、82-2では、エラーを起こした場合に修正するための冗長コードが信号に付加される。次に、冗長コードを付加されたパラレル信号は、パラレル/シリアル変換部(P/S)83-1、83-2に輸入され、シリアル信号に戻される。そして、このようにして生成されたシリアル信号は光信号を生成するための外部変調器(LN)86-1、86-2に変調信号として印加される。

【0059】LDドライバ84-1、84-2はそれぞれの波長の光を発振するLD(レーザダイオード)85-1、85-2をそれぞれ駆動し、安定した波長の光を出力させる。LD85-1、85-2から出力された、それぞれの波長の光は外部変調器86-1、86-2で

変調され、光信号となって出力される。これらの光信号は光アンプ87-1、87-2で増幅されカブラ88に輸入される。カブラ88は、例えば、WDMカブラである。このカブラ88により、それぞれの波長を有する光信号が波長多重されて送出されるべき波長多重光信号となる。この波長多重光信号は、光信号を、例えば、4:1に分岐するカブラ89に輸入され、一部が光スペクトルアナライザ90に輸入される。分岐されなかった光信号はそのまま伝送路へと出力されていく。

10 【0060】光スペクトルアナライザ90では、各波長の光信号が規定された波長で出力されているかを検出する。この情報はCPU91に輸入される。あるチャンネルの光信号の波長が規定された値からずれており、許容範囲内に無いことをCPU91が検出した場合には、波長ずれが起こっているチャンネルのLDドライバ(84-1あるいは84-2)に波長ずれを直すための波長制御信号が輸入される。許容範囲は、例えば、各波長の間隔が1nmの時に±0.2nm程度である。LDドライバは、LD85-1あるいは85-2の温度を制御して、
20 発振光の波長が規定の値になるように発振波長を変化させる。

【0061】同図の端局の受信部103は、伝送路から光信号を受け取ると、カブラ92で光信号を分岐し、光スペクトルアナライザ94に輸入する。光スペクトルアナライザ94では、各波長の光信号のパワーレベルが揃っているか、あるいは、各波長の光信号のOSNRが均一になっているか否かを測定し、CPU95に結果を輸入する。CPU95は、光スペクトルアナライザ94の測定結果を解析し、各波長の光信号間でパワーレベル
30 あるいはOSNRのバラツキが存在すると判断した場合には、当該光信号を送信してきた対向局に当該情報を伝えるために、送信部102のFEC82-2(あるいは、82-1)にプリエンファシス制御命令を送信する。このプリエンファシス制御命令はFEC82-2で信号のオーバーヘッドに挿入され、送信部102から対向局へ向けて光信号として送信される。(同図の場合、プリエンファシス制御命令はFEC82-2に輸入されるようになっているが、FEC82-1に輸入して送信することも可能である。通常、プリエンファシス制御信号を送信
40 するチャンネルは固定されるので、対応するチャンネルのFECとCPU95を結線するようにする。)

一方、カブラ92で分岐されなかった光信号はカブラ93に輸入されて、各波長の光信号に多重分離される。このカブラ93は、例えば、WDMカブラである。カブラ93としてWDMカブラを使用しないで、カブラ92と同様の単に光信号を分岐するだけのカブラを使用する場合には、カブラ93の後段に各波長の光信号を抽出するフィルタを必要とする。カブラ93で各波長の光信号に多重分離された光信号は、それぞれ光アンプ96-1、
50 96-2に輸入されて増幅される。そして、受光器(O

R;Optical Receiver) 97-1、97-2で受光され、電気信号に変換される。電気信号に変換された信号は、シリアル/パラレル変換部98-1、98-2でパラレル信号に変換され、FEC99-1、99-2に入力される。FEC99-1、99-2では、冗長コードの処理が行われると共に、対向局から送信されてくる、信号のオーバーヘッドに挿入されたプリエンファシス制御信号が含まれている場合には、これが抽出され、CPU91に送られる。(同図の場合には、プリエンファシス制御命令はFEC99-1でのみ抽出されるように示されているが、FEC99-2でも抽出可能である。ただし、プリエンファシス制御命令が送信されるチャンネルは普通固定されるので、プリエンファシス制御命令が送信されるチャンネルに対応するFECとCPU91を結線するように構成する。) FEC99-1、99-2で処理を受けた信号は、パラレル/シリアル変換部100-1、100-2でシリアル信号に変換され、デマルチプレクサ101-1、101-2に送られる。デマルチプレクサ101-1、101-2では、シリアル信号を多重分離して、必要なデータが取り出され、不図示の信号処理部で処理される。

【0062】FEC99-1で抽出されたプリエンファシス制御命令は、対向局が自局が送信した光信号の各波長のパワーレベル及びOSNRを測定して、不具合が生じている場合に、それを修正するために送信されてきたものである。従って、FEC99-1からプリエンファシス制御命令を受け取ったCPU91は、これに基づいてプリエンファシス制御信号を出力して光アンプ87-1、87-2の利得を制御し、対向局で受信する各波長の光信号のパワーレベルあるいはOSNRが適正になるように出力レベルを調整する。このようなプリエンファシス制御命令による制御は、受信端局側での受信光信号の各波長の光信号のパワーレベルあるいはOSNRが適正になるまで繰り返し行われる。

【0063】同図では、各波長の光信号の出力レベルの調整を光アンプ87-1、87-2の利得を調整することで行う例を説明したが、出力レベルを調整する方法はこれには限られない。例えば、同図の光アンプ87-1、87-2の位置に減衰量可変型光アッテネータを設け、光アッテネータの減衰量を調整することで、各波長の光信号の出力レベルの相対的關係を調整し、カプラ88とカプラ89の間に光アンプを設けて、波長多重された光信号をまとめて増幅する構成としてもよい。

【0064】また、同図では、光スペクトルアナライザとCPUが2つずつ設けられているが、送信部102と受信部103でこれらを共用することも可能である。この場合には、光スペクトルアナライザへの入力光スイッチ等で切り替えるようにして、1つのCPUが同図のCPU91、95の両方の処理を行うようにすればよい。

【0065】図13は、LDドライバとLDの詳細な構成を示した図である。同図の場合には、レーザ駆動電流を一定とした場合にレーザの温度を制御することによって出力波長の制御を行う構成の例を示している。もちろん、レーザの温度を一定に保ち、レーザの駆動電流を変化させることによって出力波長を制御することも可能である。

【0066】LDドライバ110は、波長制御信号を受けてLDの温度制御信号に変換する制御命令処理回路110-1と、レーザに一定の駆動電流を供給するレーザ駆動電流制御回路110-2と、レーザの温度を制御するペルチェ素子駆動電流制御回路110-3とからなっている。

【0067】一方、LD111は、発生した熱を放射するヒートシンク113と、レーザ本体であるレーザチップ111-1と、レーザチップ111-1の温度を制御するペルチェ素子111-2とからなっている。

【0068】レーザ駆動電流制御回路110-2は一定電流をレーザチップ111-1に供給し、光を出力させる。一方、ペルチェ素子111-2はレーザチップ111-1に密着されており、ペルチェ素子111-2の温度がレーザチップ111-1に直接伝わり、ペルチェ素子111-2と同じ温度に成るように構成されている。ペルチェ素子111-2は、波長制御信号を受けた制御命令処理回路110-1がペルチェ素子駆動電流制御回路110-3に印加する信号に基づいて生成される電流によって温度制御される。ペルチェ素子駆動電流制御回路110-3は電流の極性を変えることにより、ペルチェ素子111-2の温度を上げたり下げたりすることができる。レーザチップ111-1は一般に熱容量が小さいので、容易にペルチェ素子111-2による熱供給によって温度が変化する。ヒートシンク113は、LD111内の温度が必要以上に高くないように熱を逃すものである。このような構成により、比較的安定にレーザチップ111-1の発振する光の波長を制御することができる。

【0069】図14は、図12の送信部側のCPUが行う処理を示すフローチャートである。まず、ステップS1で、対向局からの制御命令を受信しているか否かを判断する。すなわち、受信部側からプリエンファシス制御命令が送信されてきているか否かが判断される。受信していない場合には、ステップS4に進む。制御命令を受信している場合には、ステップS2でプリエンファシス制御命令の読み取りを行い、ステップS3でプリエンファシス制御値の書き換えを行う。プリエンファシス値とは、各波長の光信号の出力レベルがどの程度であるべきかを各波長毎に示すものであり、例えば、CPUが読み込み可能なようなRAM等を用意しておき、これにテーブルとして記録される。ステップS4では、送信部側が送出している光信号のスペクトルデータを光スペクトル

アナライザから読み込む。ステップS5では、各チャンネルの光信号が有すべき波長の設定値と前述のプリエンファシス制御値を読み込む。ステップS6で、ステップS4で読み込んだスペクトルデータとステップS5で読み込んだ設定値とを比較し、問題のある信号を選び出す。全ての光信号が問題が無い場合には、スタートに戻って処理を繰り返す。ステップS6で問題となる信号があると判断された場合には、ステップS7で問題のある信号が複数ある場合にどの信号から処理を行うかを予め定めた優先順位を読み込む。この優先順位もCPUが読み込み可能なようにROMあるいはRAM等を用意して、テーブルの形で記録しておく。ステップS8で、読み取った優先順位に基づいて、複数ある問題のチャンネルの信号のうち1つを選び出す。そして、ステップS9で、選択された1つの信号について調整処理を行う内容を選ぶ。この選択処理は、ステップS6の設定値との比較処理に基づいて行われ、波長シフトのみがおきている場合には、ステップS10の信号波長処理を行い、プリエンファシス制御命令が受信されており、プリエンファシスが不適正に行われているのみであると判断された場合には、ステップS11の信号パワー処理を行う。ステップS6で、波長シフト及びプリエンファシスの不適正が両方とも起きていると判断された場合には、ステップS12のように、信号波長処理と信号パワー処理の両方を行う。

【0070】ステップS10、11、12のいずれかのしりが終わると、ステップS4に戻って、送信側スペクトルデータを再び読み込み、問題のチャンネルの信号を探し、存在すれば処理を行う。このような処理を繰り返し、ステップS6ですべてのチャンネルの信号が問題無しと判断されたらスタートに戻って処理を繰り返す。

【0071】図15は、図14の信号波長処理を示すフローチャートである。まず、ステップS20で、処理を行う信号の波長データを光スペクトルアナライザから読み込む。ステップS21で、波長データが予め定められた規格の範囲内に入っているか否かを判断する。規格範囲の例としては、波長間隔が1nmの場合、波長シフトの量が波長間隔に対して±0.2nm以内等である。ステップS21で規格内であると判断された場合には、信号パワー処理を行うか（図14のステップS12の場合）、あるいは処理を完了する（図14のステップS10の場合）。

【0072】ステップS21で、先に読み込んだ設定値とのずれを計算し、LDドライバに与えている現状の制御電圧の増減値を求める。例えば、LDドライバへの制御は、制御電圧の増減を行うことで行う。制御電圧と波長の関係は直線関係（ $Y=A \times X+B$ ；Yは波長、Xは制御電圧）とおき、係数A、Bは初期値としてRAM等のCPUが読み取り可能なメモリに予め記録させておく。そして、ステップS23で、制御電圧（信号）を出

力し、ステップS20に戻る。そして、上述の処理を、ステップS21で波長データが規格内になるまで繰り返す。

【0073】図16は、図14の信号パワー処理を示すフローチャートである。まず、ステップS30で、処理を行う信号のパワーデータを光スペクトルアナライザから読み込む。ステップS31で、パワーデータが対向局から送られてきたプリエンファシス制御命令に基づいて書き換えられたプリエンファシス制御値の示す規格値に合致しているか否かが判断される。規格内の場合には処理を完了する。規格外であると判断された場合には、ステップS32で、先に読み込んだ設定値とのずれを計算し、現状の制御電圧の増減値を求める。光信号のパワーを制御するために光アンプあるいは光アッテネータに加える制御は、制御電圧の増減で行われる。制御電圧と光パワーとの関係は直線関係（ $Y=A \times X+B$ ；Yは光パワー、Xは制御電圧）とおき、係数A、Bは前述と同様に初期値としてRAM等のCPUが読み取り可能なメモリに予め記録しておく。そして、ステップS33で制御電圧（信号）を出力し、ステップS30に戻って、信号のパワーデータが規格に合致するまで処理を繰り返す。パワーデータが規格に合致するとステップS31で処理完了となる。

【0074】

【発明の効果】本発明のように、送信端局で測定したスペクトルと、受信端局で測定したスペクトルの比較によりプリエンファシス制御を行うことで、測定したスペクトル情報に基づき波長制御も可能にすることが出来ると共に、波長制御により光スペクトルの各波長のレベルの補正をも可能にすることができる。

【0075】又、プリエンファシス制御を行うための光スペクトルの測定を送信端局及び受信端局でそれぞれ行っているため、一方の系が障害を起こしてもプリエンファシス制御は継続して行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】プリエンファシスと伝送後のOSNRを示す図である。

【図2】経時変化による信号光のスペクトルの概念図である。

【図3】実験した結果を示す図である。

【図4】受信端局の構成を示す図である。

【図5】受信端局から送信端局への制御信号の構成を示す図である。

【図6】送信端局の具体的な構成例を示す図である。

【図7】送信端局の具体的な構成例を示す図である。

【図8】WDM信号送信装置と周辺装置との構成を示す図である。

【図9】プリエンファシス及び信号波長制御フローに示す図である。

【図10】プリエンファシス制御を行う場合の制御手順

示す図である。

【図11】制御開始信号、スタンバイ信号、制御信号、制御完了信号の送信方法を示す図である。

【図12】制御信号等をオーバーヘッドに書き込む方法を使用した場合の端局の詳細な構成を示す図である。

【図13】LDドライバとLDの詳細な構成を示した図である。

【図14】図12の送信部側のCPUが行う処理を示すフローチャートである。

【図15】図14の信号波長処理を示すフローチャートである。

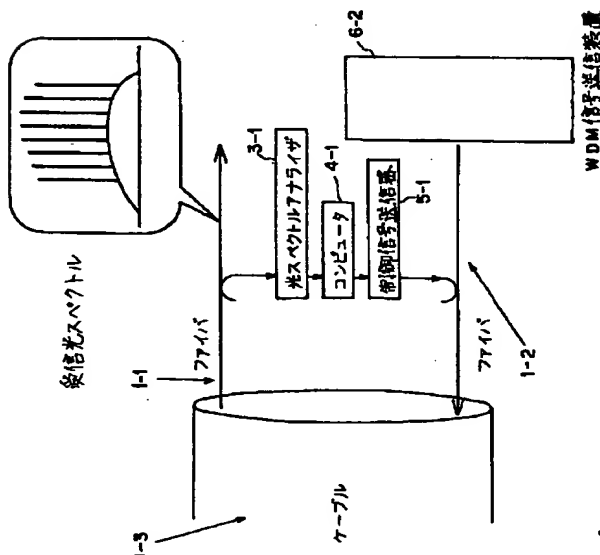
【図16】図14の信号パワー処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 伝送路
- 1-1、1-2 ファイバ
- 1-3 ケーブル
- 2-1～2-n 光増幅器
- 3-1、3-2 光スペクトルアナライザ
- 4-1、4-2 コンピュータ
- 5-1 制御信号送信器
- 5-2 制御信号受信器
- 6-1、6-2 WDM信号送信装置
- 61-1～61-n レーザ制御回路
- 62-1～62-n レーザ
- 63-1～63-n 光アンプ

【図4】

受信端局の構成を示す図



64 カプラ

7-1、7-2 WDM信号受信装置

80-1、80-2 マルチプレクサ

81-1、81-2、98-1、98-2 シリアル/パラレル変換部

82-1、82-2、99-1、99-2 フォワードエラーコレクション部

83-1、83-2、100-1、100-2 パラレル/シリアル変換部

84-1、84-2、110 LDドライバ

85-1、85-2、111 LD (レーザダイオード)

86-1、86-2 外部変調器

87-1、87-2、96-1、96-2 光アンプ

88、89、92、93 カプラ

90、94 光スペクトルアナライザ

91、95 CPU

97-1、97-2 受光器

20 101-1、101-2 デマルチプレクサ

110-1 制御命令処理回路

110-2 レーザ駆動電流制御回路

110-3 ペルチェ素子駆動電流制御回路

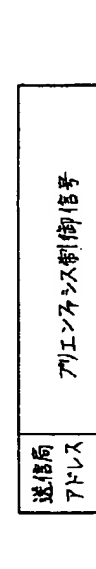
111-1 レーザチップ

111-2 ペルチェ素子

113 ヒートシンク

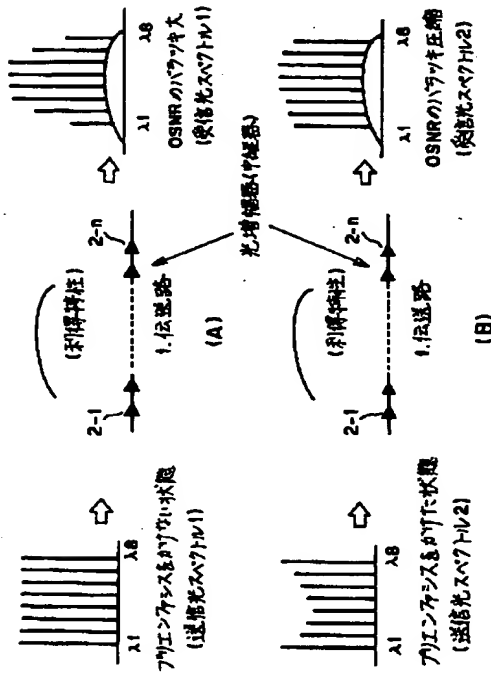
【図5】

受信端局から送信端局への制御信号の構成を示す図



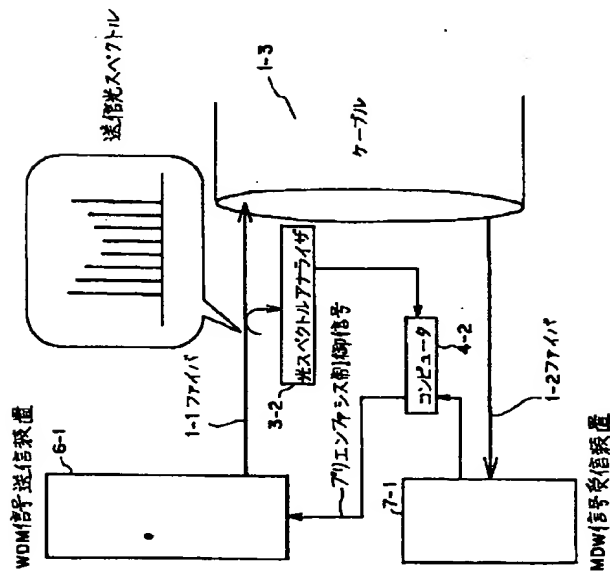
【図1】

プリエンファシスと伝送後のOSNRを示す図



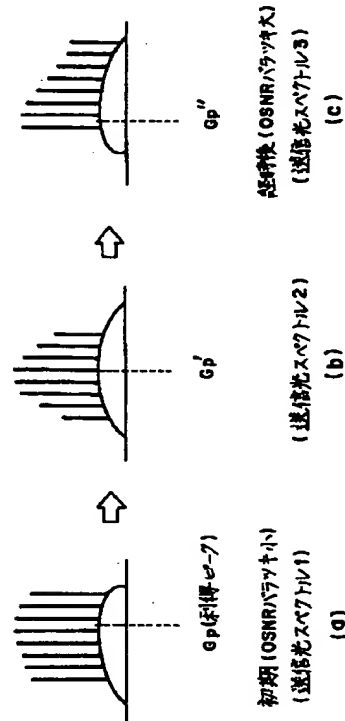
【図7】

送信端局の具体的な構成例を示す図



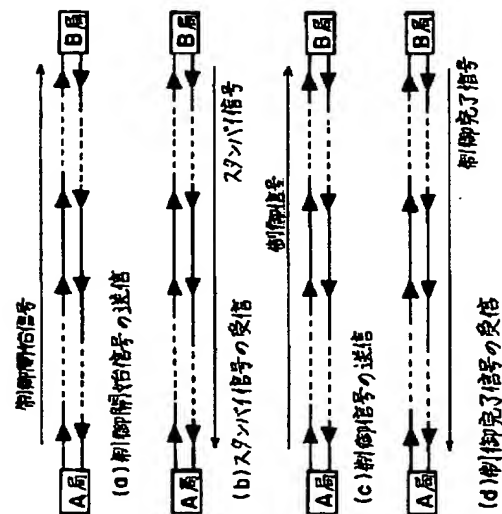
【図2】

経時変化による信号光のスペクトルの概念図



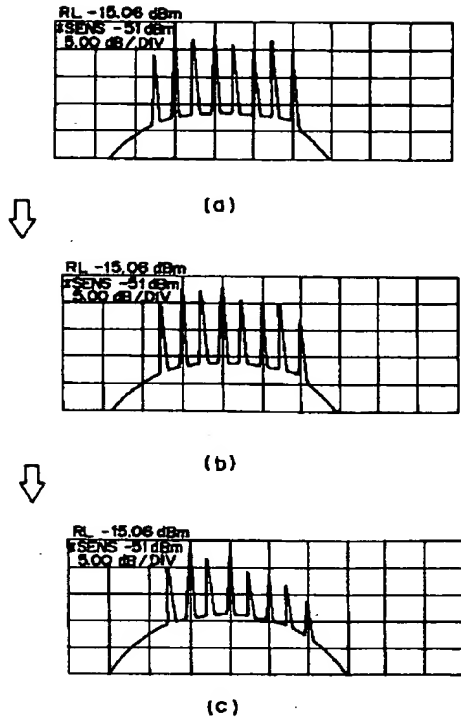
【図10】

プリエンファシス制御を行う場合の制御手順を示す図



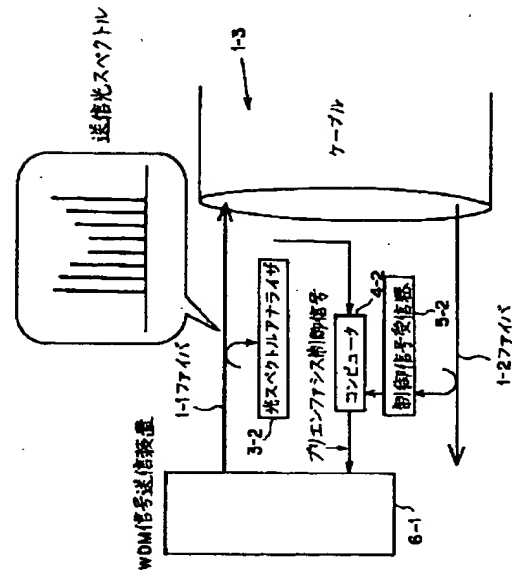
【図3】

実験した結果を示す図



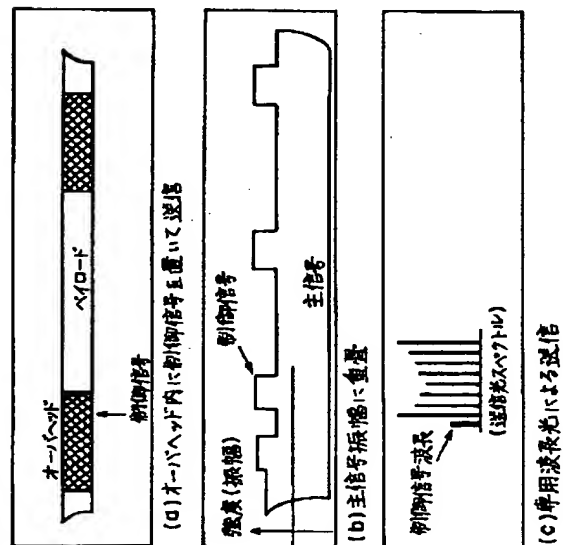
【図6】

送信端局の具体的な構成例を示す図



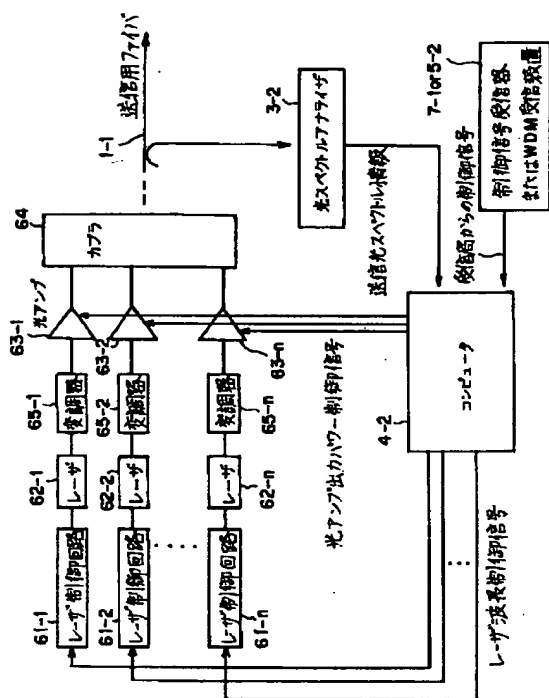
【図11】

制御開始信号、スタンバイ信号、制御信号、
制御完了信号の送信方法を示す図



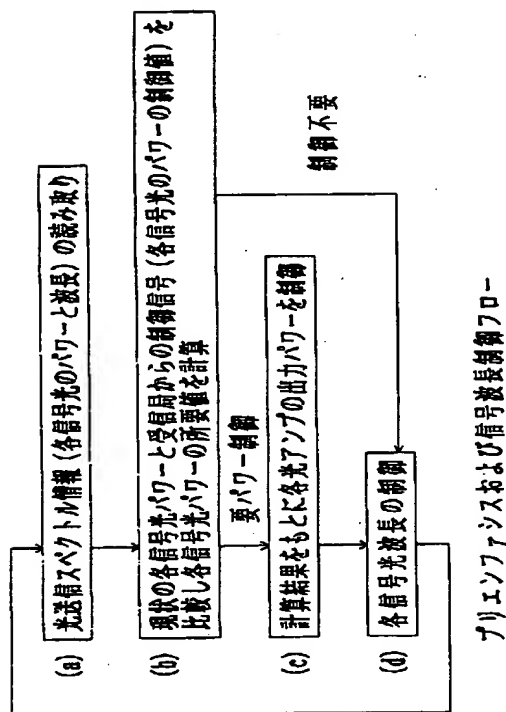
【図8】

WDM信号送信装置と周辺装置との構成を示す図



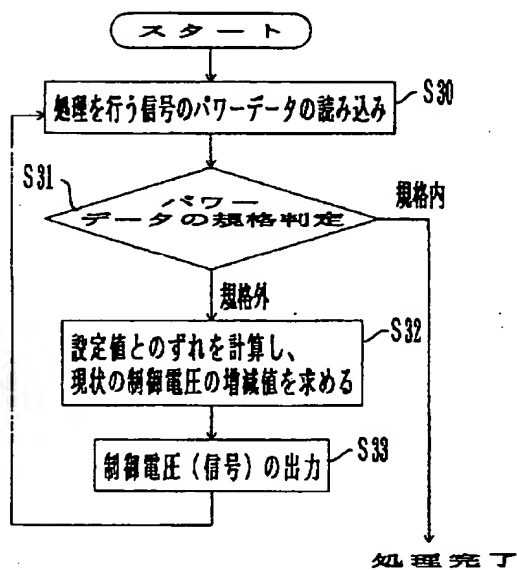
【図9】

ブリエンファシスおよび信号波長制御フロー
に示す図



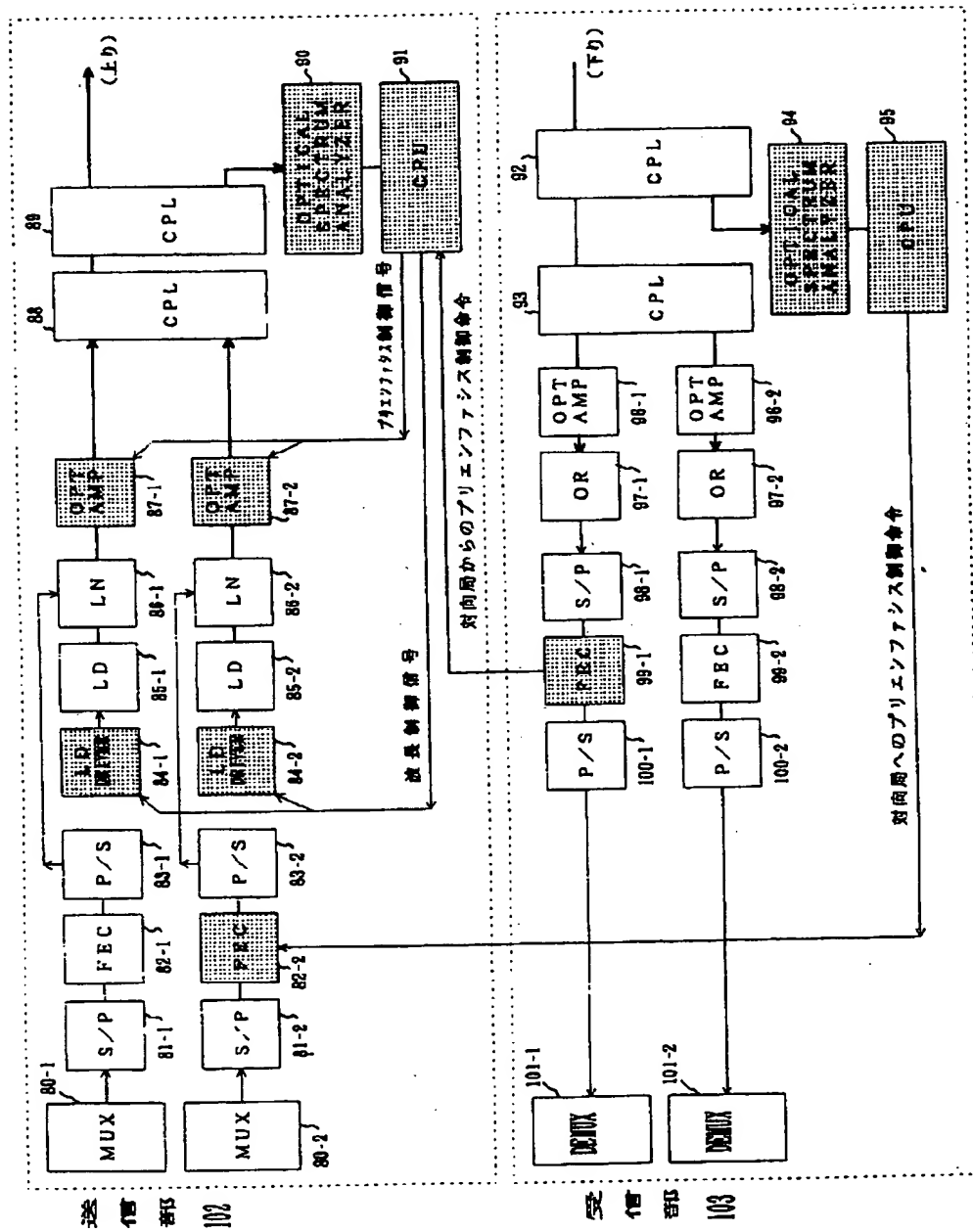
【図 16】

図14の信号パワー処理を示すフローチャート



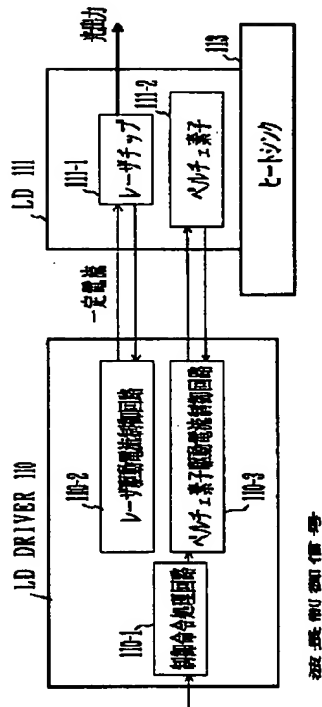
【図12】

制御信号等をオーバーヘッドに書き込む方法を使用した場合の端局の詳細な構成を示す図



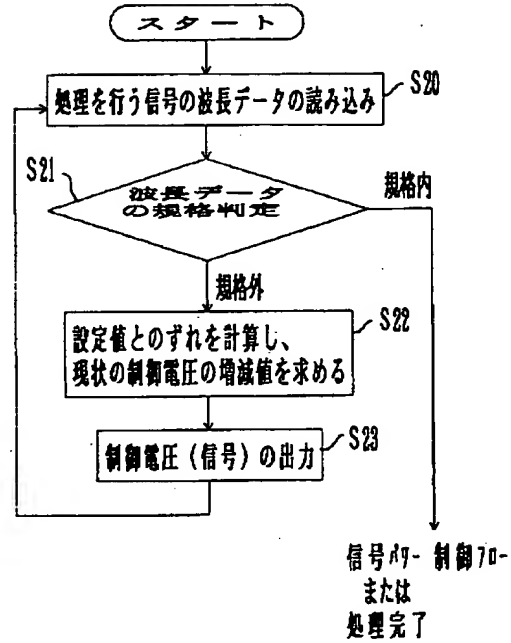
【図13】

LDドライバとLDの詳細な構成を示した図



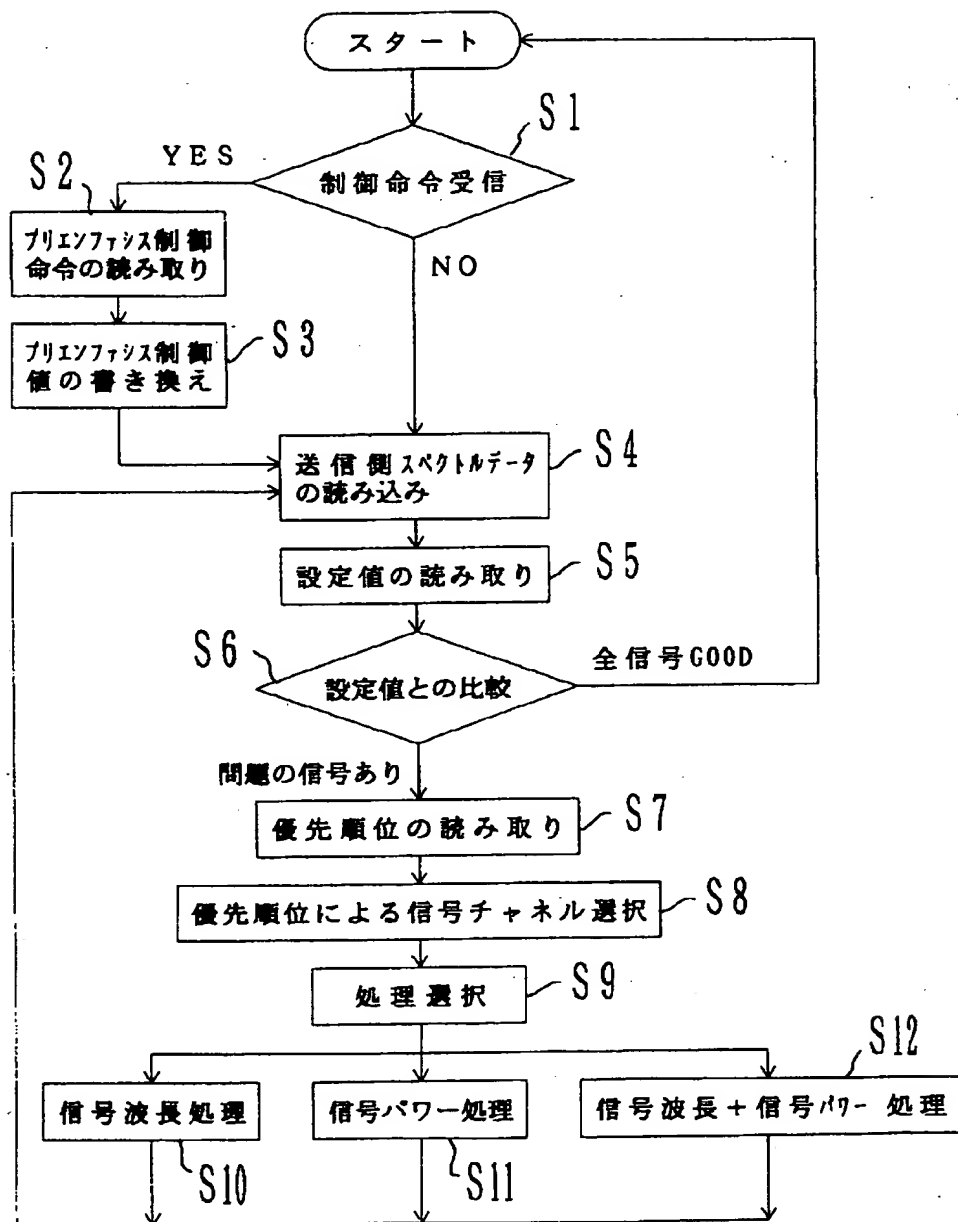
【図15】

図14の信号波長処理を示すフローチャート



【図14】

図12の送信部側のCPUが行う処理を示すフローチャート



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/06

10/04